

Durch Verseifen aus dem Carcass hungernder Tiere extrahierte Fettsäuren stammen ihrer Zusammensetzung nach offenbar aus den Lipiden der Zellstrukturen (Mitochondrien, Mikrosomen, Zellkern). Während das Depotfett fast völlig verschwindet, bleiben diese durch einen hohen Gehalt an essentiellen Fettsäuren, insbesondere Arachidonsäure charakterisierten Lipide als notwendige Zellbestandteile erhalten.

Experimentelles

Als Versuchstiere dienten wie früher (1) weiße, vorwiegend männliche Ratten. Die Diät bestand aus einer normalen Nahrung (Altromin R). Die Aufarbeitung des eviscerierten Carcass erfolgte durch Eintragen in 30% ige Kalilauge. Nach kurzem Stehenlassen und anschließendem kurzem Erwärmen bis zur völligen Verseifung wurde mit Petroläther das Unverseifbare abgetrennt. Nach Ansäuern erhielten wir durch repeteierte Extraktion mit Äther die Fettsäuren. Sie gelangten als Methylester zur gaschromatographischen Analyse.

Zusammenfassung

Es wird die Zusammensetzung der Fettsäuren aus dem Carcass hungernder Ratten mitgeteilt und verglichen mit den entsprechenden Werten für normal ernährte Tiere. Ein Depotfett liegt nicht mehr vor, es ergeben sich aber auch signifikante Unterschiede im Vergleich zur Fettsäurezusammensetzung der Leberlipide.

Literatur

1. RITZEL, G. und K. BERNHARD, Z. Ernährungswiss. 6, 248 (1966).

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. K. BERNHARD und Dr. H. R. GREUB, Physiologisch-Chemisches Institut der Universität Basel,
Basel (Schweiz)

*Aus der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, Karlsruhe,
Institut für Chemie und Technologie (Leiter: Direktor und Professor Dr. A. Fricker)*

Die schweflige Säure und ihre Salze in der Lebensmittelverarbeitung und -lagerung

Eine Literaturübersicht

Von G. A. HEYDENREICH

Mit 1 Faltautobild

(Eingegangen am 28. November 1966)

I. Einleitung

Schweflige Säure und ihre Salze werden schon seit langer Zeit als technischer Hilfsstoff und als Konservierungsmittel in der Lebensmittelverarbeitung eingesetzt. Es erschien daher angezeigt, die hierüber vorhandene, umfangreiche Literatur einmal zu sichten und auszuwerten; dies um so mehr, als in jüngster Zeit von der Seite der Ernährungsphysiologie auf Grund neuer Erkenntnisse die Frage aufgeworfen wurde, ob die gesetzlich zugelassenen bzw. üblicherweise

verwendeten Mengen für den Menschen als physiologisch unbedenklich angesehen werden können.

Die gesetzlichen Vorschriften für die Anwendung von SO₂ in der Lebensmittelverarbeitung sind in den einzelnen Ländern sehr verschieden. Diese Unterschiede in der nationalen Lebensmittelgesetzgebung wirken sich auf den – insbesondere in den letzten Jahren – gewaltig gestiegenen zwischenstaatlichen Warenaustausch hemmend aus. Die in diesem Bericht zusammengefaßten Daten sollen dazu beitragen, die Übersicht über die angeschnittenen Fragen und auch die wünschenswerte Koordinierung der nationalen Lebensmittelgesetze zu erleichtern.

Die Dosis ist in der gesamten Arbeit stets als „SO₂“ angegeben. Bezieht sich die angeführte Literatur auf bestimmte Anwendungsformen von SO₂, z. B. Gas, schweflige Säure, Natriumpyrosulfit etc., so ist dies besonders vermerkt.

II. Mikrobielle und chemische Wirkungen der schwefligen Säure

Die Wirksamkeit der schwefligen Säure ist bekanntlich vom pH-Wert des Substrates stark abhängig. Das Optimum liegt zwischen pH 3 und pH 2 (42–48), wobei 6–35% als H₂SO₃ und 94–60% als HSO₃⁻-Ionen vorliegen, der Rest als SO₃²⁻-Ionen (49). Ein niedrigerer pH-Wert wird in Lebensmitteln im allgemeinen kaum erreichbar sein, ohne deren Nährwert und Geschmack stark zu beeinträchtigen. Untersuchungen über die Hemmung von Hefen, Bakterien und Fungi ergaben, daß die Wirksamkeit – getestet an E. coli – in der Reihenfolge H₂SO₃ zu HSO₃⁻ zu SO₃²⁻ im Verhältnis 10⁶–10⁷ zu (0,7–2) · 10³ zu 1 abnahm (50).

Die Konzentration spielt bei der gezielten Wachstumshemmung eine entscheidende Rolle. So genügen hierfür bei Bakterien 250–500 ppm SO₂, bei Hefen 400–1200 ppm, E. coli 1000 ppm SO₂, während Fungi 800–2000 ppm SO₂ erfordern (48, 51, 52). Bei Weinhefen können schon geringere Dosen (200 ppm) inhibierend wirken (52), wobei die Wirkdosis gleichzeitig die Hemmdosis ist (53); eine Unterdosierung wirkt also nicht anteilig, sondern gar nicht (56).

Bakterien, besonders E. coli, können gegen die SO₂-Wirkung resistent werden, ja sogar durch SO₂ stimuliert werden. Eine derartige Resistenz läßt sich durch Kombination von Konservierungsstoffen brechen (54, 55).

Die Wirkung des SO₂ ist ferner davon abhängig, wie weit es im Substrat gebunden wird (48, 57). So bilden die Zucker bei pH 3,3 relativ wenig SO₂-Verbindungen (Fructose bindet 0,03%, Glucose 0,8%, Arabinose 10% des verfügbaren SO₂), während Diacetyl und Brenztraubensäure zu 78–80%, Acetaldehyd fast zu 100% Verbindungen eingehen und damit die Konzentration an wirksamem SO₂ stark vermindern (58). Zwar zeigen auch die Sulfonate eine hemmende Wirkung, doch ist diese gegenüber der H₂SO₃ verschwindend gering (59). Eine Verstärkung der Hemmwirkung ist durch die Erhöhung der Konzentration an insgesamt in Lösung befindlichen Stoffen, z. B. durch Zusatz von NaCl, möglich (48); Ascorbinsäure bewirkt jedoch das Gegenteil, da die schweflige Säure in ihrer Gegenwart 10mal schneller oxidiert wird (60). An anderer Stelle wird berichtet, daß die schweflige Säure Vitamin C (62) und Thiamin (61, 72, 73) zerstört. Neuere Untersuchungen konnten dies nicht bestätigen (63).

In der Fettindustrie wird SO₂ zur Isomerisierung von Ölen und Fetten angewandt (64); ferner wird flüssiges SO₂ zur Härtung von Waltran, Herings-, Sesam-, Oliven-, Soja- und Perillaöl eingesetzt (65), was sich vorteilhafter

erwies als die Hydrierung. Um den Sauerstoff (und teilweise auch die Feuchtigkeit) in Lebensmittelverpackungen zu binden, werden Salze der schwefligen Säure (Sulfite, Bisulfite, Pyrosulfite) beigegeben (66, 67), wodurch die Lagerfähigkeit der Lebensmittel erhöht werden kann.

Physiologie und Toxikologie

Eine Zusammenfassung über dieses Thema findet sich im FAO/WHO-Report 1962 (68).

Daneben sei erwähnt, daß durch den Verzehr geschwefelter Lebensmittel die Geschmacksempfindlichkeit herabgesetzt wird. Deshalb sollte bei organoleptischen Tests nur jeweils eine sulfitierte Probe am Schluß gereicht werden. Als Geschmacksschwellenwert werden 12–100 ppm SO₂ genannt (74).

III. Die Verwendung und Wirkung von SO₂ bei einzelnen Lebensmittelgruppen

A. Most und Wein

Man setzt dem Most schweflige Säure zu, um die Polyphenoloxidase zu inaktivieren, wozu bei weißen Mosten 30–40 ppm, bei roten Mosten 20–30 ppm (78) erforderlich sind. An anderer Stelle werden 50–100 ppm allgemein für nötig befunden (79). Auch soll SO₂ die Farbe erhalten [100–250 ppm (80)] oder bei Rotwein verbessern [40–50 ppm (81)] und Fehlgärung vor dem Zusatz von Reinhefen vermeiden [180 ppm (82, 83), 100–150 ppm (84), 50–200 ppm (85)]. Die Verwendung von Reinhefen zur Gärung vermindert die Bildung von Acetaldehyd, wodurch zum Abfangen desselben weniger SO₂ benötigt wird (86, 87). Andererseits wird mehr Acetaldehyd gebildet, wenn die Konzentration an SO₂ zu hoch ist (88) [Hemmung der Dihydrocozymase (= NADH), welche Acetaldehyd zu Äthanol hydriert]. Die genannte Störung tritt bei 150 ppm noch nicht, bei 270 ppm teilweise und bei 360 ppm weitgehend auf (89). Kleine Mengen SO₂ stimulieren die Gärung (82), wobei mehr Alkohol erzeugt und der Wein klarer und besser im Aroma wird (90). Bei Verwendung von fauligem Lesegut oder „Scheitermost“, Gärung in der Maische oder Luftzutritt während der Gärung wird der im Wein verbleibende Anteil an SO₂ erhöht (91).

Nach der Gärung wird dem Wein erneut SO₂ zugefügt, um die Gärung sicher zu stoppen und so Fehlentwicklungen während der Reife zu vermeiden. Hierbei können reversible Trübungen durch Kupfer-Verbindungen auftreten (92), da das SO₂ die Trübungsbildung katalysiert. Man klärt mit Bentonit und schwefelt sukzessive, was gleichzeitig Einsparungen an SO₂ erlaubt (93). Trübungen durch FePO₄ in Weißwein können durch Citronensäure in Gegenwart von SO₂ beseitigt werden (94).

Für den SO₂-Zusatz bei der Faßreifung werden recht unterschiedliche Empfehlungen gegeben. Der Schutz vor bakteriellem Befall steht dabei im Vordergrund. Um diesen zu vermeiden, sollen 50–75 ppm Gesamt-SO₂ genügen (96). Anderen Autoren erscheint die Stabilisierung nur in Gegenwart freier schwefliger Säure gesichert (95); sie schlagen vor, eine Konzentration von 20–25 ppm freier SO₂ ständig aufrecht zu erhalten (97) [10–50 ppm (98)]. Das kann erreicht werden, indem man auf 150 ppm sulfitiert und ständig mittels Polyäthylenbeuteln nachschwefelt. Diese enthalten 200 ppm SO₂ in Form von Na₂S₂O₅ oder NaHSO₃ und werden knapp unter die Flüssigkeitsoberfläche im

Spundloch eingehängt (99). Ist nicht aller Zucker vergoren, so ist es günstig, je g/l Restzucker die SO₂-Dosis um weitere 3–5 ppm zu erhöhen.

Entscheidend für die Wirkung des SO₂ ist der Säuregrad. Seine Menge wird sich also immer nach dem pH-Wert des Weines richten müssen. So waren bei pH 3,0 nur 60 ppm SO₂ erforderlich, um die gleiche Wirkung zu erzielen wie mit 337 ppm bei pH 3,8 (81).

Für in Flaschen bei 0–12 °C gelagerten Wein sollen 100 ppm SO₂ ausreichen (107), während andererseits behauptet wird, daß 125–200 ppm eben noch genügen würden, um Nachdunkeln zu verhindern (108).

Zur Einsparung von SO₂ werden verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt. So soll kaum SO₂ nötig sein, wenn man Weine mit 8–10% Alkohol für die Dauer von 2 Minuten auf 40–47 °C erwärmt (101). Dieser Vorschlag erscheint jedoch nur für Konsumware geeignet. Weiter wird vorgeschlagen, die schweflige Säure vollständig (102) oder teilweise durch Ascorbinsäure zu ersetzen (102, 103, 104), weil letztere die Reifung günstig beeinflußt. Bei Restzucker ist aber weiterhin SO₂ erforderlich [3–5 ppm je g Zucker/l (104)]. Ferner findet man Hinweise, daß sich SO₂ durch Vitamin K₅ ersetzen läßt. Die angegebenen Mengen gleicher Wirksamkeit differieren dabei erheblich:

$$10 \text{ ppm Vit. K}_5 \sim 200 \text{ ppm SO}_2 \text{ (105)}$$

$$80 \text{ ppm Vit. K}_5 \sim 300 \text{ ppm SO}_2 \text{ (105)}$$

$$40 \text{ ppm Vit. K}_5 \sim 300 \text{ ppm SO}_2 \text{ (106)}$$

Auch Desulfitierungsverfahren werden erwähnt (109).

Von einer Schwefelung von Weinen für die Sektherstellung wird abgeraten (110), da die Hefen sonst die Äpfelsäure nicht mehr abbauen (111).

„Stoppen“ während der Hauptgärung mit viel SO₂ gibt dem Wein einen schlechten Geschmack (112). Der Schwellenwert für Geruch und Geschmack nach SO₂ wird für Rotwein mit 100/58 ppm (gesamtes SO₂/freies SO₂), für Weißwein mit 207/120 ppm angegeben (113). Wegen der physiologischen Wirkungen wird ein Grenzwert von 200/50 ppm SO₂ (75, 114, 115) angestrebt. Ein französischer Vorschlag sieht allerdings 400/50 ppm (115), ein weiterer 300 ppm Gesamt-SO₂ vor (116).

Es erscheint sinnvoll, die Sulfitierung nach der Schwere resp. Güte und dem pH-Wert des Weines zu richten. „Kleine Weine“ mit 80–115 ppm freier SO₂ sind entschieden überschwefelt (117), und nur bei sehr schweren Weinen finden sich Werte bis 300 ppm Gesamt-SO₂ (118, 119). Leichte Weine zeigen Werte bis herunter zu 10 ppm SO₂ (119).

Auch ohne Zusatz von SO₂ können Werte von 50–60 ppm im Wein gefunden werden. Es entsteht aus Sulfaten des Mostes (76) oder aus schwefelhaltigen Verbindungen in der Hefe während der Gärung (77).

B. Obstmost, Obstwein, Süßwein

Die Gärung setzt beim Apfelm most ein, wenn kein freies SO₂ mehr vorhanden ist (306). Um das Wachstum von Sacch. uvorum zu hemmen, müssen wenigstens 18 ppm freies SO₂ vorhanden sein (307). Man versetzt deshalb sofort nach der Gärung mit 100 ppm SO₂ zur Stabilisierung (308). Diese Menge beeinträchtigt jedoch bereits den Geruch und den Geschmack (212).

Die SO₂-Zugabe soll auch Milchsäuregärung verhindern und richtet sich nach dem Säuregrad des Saftes oder Weines [wie schon bei „Wein“, Abschnitt III A,

angeführt (81)]. In schwach saurem Milieu sind 150 ppm SO₂ (310) erforderlich [50 ppm (309)], während man in stark saurem Wein oder Saft ohne SO₂ auskommt (310). Zur Klärung behandelt man den Apfelwein 24 Stunden mit pektinolytischem Enzym und setzt nach Abtrennung vom Trub 110 ppm SO₂ zu (311).

Obstweine sollten generell, aus organoleptischen Gründen, nicht mehr als 100 ppm SO₂, davon 15 ppm als freie SO₂, enthalten (312).

Bei Sherry mit einem Endalkoholgehalt von wenigstens 15,5% muß während der Gärung ständig eine Konzentration von 100–150 ppm SO₂ gehalten werden, um Gärungsreinheit zu gewährleisten (313).

C. Traubensaft, Obst- und Fruchtsäfte

In den Jahren 1950–1958 fand man in den üblichen Fruchtsäften noch SO₂-Gehalte bis 270 ppm (118), in Feigensaft sogar bis zu 371 ppm (208). Davon können bei der Analyse 10 ppm durch Aromastoffe, weitere 10 ppm durch andere Inhaltsstoffe vorgetäuscht werden (209). Die hohen Qualitätsanforderungen der Konsumenten haben dazu geführt, bei Qualitätsprüfungen nur noch bis zu 20 ppm SO₂ als oberste Grenze zuzulassen (210), da schon sehr geringe Mengen Geruch und Geschmack erheblich beeinträchtigen (212, 213). Meistens stammen diese aus der Flaschendesinfektion (211).

Einige Hefen haben sich bei etwa pH 4 gegenüber einem Gehalt von bis zu 674 ppm freiem SO₂ resistent erwiesen (214). Eine Senkung des pH-Wertes um 0,5 erlaubt die Einsparung von 50% des bei höherem pH-Wert erforderlichen SO₂ (215) [Senkung um einen pH-Wert: noch 2–10% der ursprünglichen SO₂-Menge (216)]. Durch Kationenaustausch ist eine Verminderung des pH-Wertes von 3,8 auf 2,5 möglich (217). Apfelsaft kann mit 700 ppm SO₂ für 10 Tage am Gären gehindert werden (219); bei Apfelsüßmost genügen im allgemeinen 80 ppm (208, 220), bei guter Verarbeitung weniger als 20 ppm (100, 221).

Birnensaft bindet erheblich mehr schweflige Säure. Es sind weit mehr als 250 ppm notwendig, bevor freies SO₂ nachgewiesen werden kann (222).

Hat die Gärung bereits eingesetzt, so kann Süßmost mit großen Dosen SO₂ „stumm gebrannt“ werden. Der größte Teil davon – bis auf einen Rest von 40–50 ppm – lässt sich wieder entfernen (218). Von „Qualitätssüßmost“ kann dann allerdings nicht mehr die Rede sein.

Die größte Gefahr bei der Mostherstellung bieten die Transportfässer. Um Infektionen zu vermeiden, müssen diese mit 5%iger H₂SO₃ gut gewaschen werden (223).

Zur Stabilisierung von Traubensaft sind 30–80 ppm SO₂ nötig (208, 222), wobei ein Teil desselben durch Ascorbinsäure ersetzt werden kann. Auch Vakuumerhitzung des Traubensaftes erlaubt Einsparungen an SO₂ (224), ist aber für Spitzenqualitäten nicht geeignet (225). Weitgehende Desulfitierung bei 20–60 Torr und 60–70 °C ist möglich (110, 226), beeinträchtigt aber ebenfalls die Qualität.

Bei Citrussäften und Citruskonzentraten sind die Auffassungen über erforderliche Mindestmengen stark geteilt. Zur Vermeidung von Bräunungserscheinungen bei der Lagerung werden Mindestmengen von 200 ppm (231), [über 250 ppm (230), 350 ppm (228, 229) bis zu 600 bis 700 ppm (227)] für notwendig gehalten. Geruchsveränderungen, Gärung, mikrobieller Verderb und Vitamin-C-Verluste lassen sich schon mit weit weniger SO₂ verhindern, da der pH-Wert

in Citrusfrüchten meist niedrig ist. Tritt jedoch Gärung ein, so wird die schweflige Säure schnell abgebaut (232). Daß man mit wenig SO₂ auskommen kann, zeigen folgende Zitate:

10 ppm SO₂ bei einer Lagertemperatur von 16–21 °C stabilisierten für 1 Jahr. Erst bei 32 °C waren 90 ppm SO₂ notwendig (233).

Ein indisches Team berichtet, daß man durch Entlüften und Schnellpasteurisierung die schweflige Säure ganz entbehren kann (234).

Orangensaft soll, auch unter tropischen Bedingungen, lagerfähig sein, wenn man ihn 3 Minuten offen kocht, schnell abkühlt und auf 200 ppm schwefelt (235).

D. Bier, Hopfen, Malz

Im Bier wurden bei Routineuntersuchungen 2–14 ppm SO₂ gefunden (118), die Geruch und Geschmack angeblich noch nicht beeinträchtigten (173). Um Nachtrübungen zu vermeiden, werden 5–25 ppm SO₂ als notwendig angesehen (174). An anderer Stelle (176) werden mindestens 350 ppm gefordert, damit bei der Klärung des Bieres keine Infektionen durch Wildhefen vorkommen.

In bayerischen Biergesetz sind alle Fremdstoffe für die Bierherstellung verboten, auch Zucker für Nährbier. Im Hopfen wurden jedoch 250–490 ppm SO₂ festgestellt. Das daraus hergestellte Bier enthielt noch 0–80 ppm (115). Kleine Mengen SO₂ haben auf Hopfen eine günstige Wirkung, während große Dosen die enthaltenen Harze, Humulone, Lupulone und Hopfenöl spalten und so dem Bier einen unerwünschten, herbbitteren Geschmack verleihen (175).

Für Malz konnten keine Zahlenwerte gefunden werden. Im Quellwasser darf jedoch kein SO₂ enthalten sein, da es die Enzymtätigkeit zum Erliegen bringen könnte (177).

E. Essig

In 40% allen untersuchten Handelsessigs findet man weniger als 10 ppm SO₂ (Analysenfehlergrenze!). Bei derart wenig SO₂ könnten Trübungen auftreten (196). Zum Transport in Holzgefäßen sollte Essig etwa 50 ppm SO₂ enthalten (197). Diese Menge genügt, um Flocken- oder Schleimbildung – also Nachtrübung – zu verhindern (196). Für Rotweinessig ist diese Dosis die unterste Grenze, wenn die Farbe stabilisiert werden soll (96).

F. 1. Kartoffeln, roh, geschält

Besondere Probleme tauchen bei der Lagerstabilisierung von rohen, geschälten Kartoffeln auf. Einerseits sollen zur Konservierung und Farberhaltung 200–250 ppm SO₂ notwendig sein (120), andererseits werden SO₂-behandelte Kartoffeln schneller schleimig als unbehandelte (121). Saftaustritt, Alkoholbildung (122) und der Abbau der Ascorbinsäure werden nicht verhindert (124), der Thiaminverlust wird erhöht (123). Tauchlösungen mit SO₂ und Citronen- und Ascorbinsäure sollen die Oxidation von Ascorbinsäure verlangsamen oder Verluste kompensieren (125, 126, 127). Die als notwendig angeführten Konzentrationen der Tauchlösung an Citronensäure bewegen sich zwischen 500 ppm (125) und dem Zehnfachen (126), die für Ascorbinsäure zwischen 500 und 30000 ppm (128) und für SO₂ zwischen 600 und 13500 ppm(!) (123).

Ebenso stark streuen die Werte hinsichtlich der aufgenommenen SO₂-Menge. Ganze geschälte Kartoffeln nahmen in 3 Minuten aus einer Tauchlösung mit

7000 ppm SO₂ 50 ppm auf (123), aus Schälwasser mit 100 ppm SO₂ etwa 2 bis 3 ppm (130).

Geschnittene, rohe Kartoffeln nahmen aus einer Tauchlösung auf:

ppm SO ₂ in der Tauchlösung	ppm SO ₂ aufgenommen
7000	300-400 (123)
6500	660
3500	296
1800	163
800	64

55-60% der in einer Stunde aufgenommenen Gesamtmenge werden schon in den ersten 30 Sekunden absorbiert (129). Der SO₂-Gehalt wird beim Kochen der Kartoffeln nicht oder kaum vermindert (121, 130). Die Behauptung, daß 90% des SO₂, unabhängig von der Anfangskonzentration, beim Kochen zerstört werden (129), erscheint zweckgebunden.

Die mögliche Lagerzeit ist von der Lagertemperatur und der Aufbewahrungsart abhängig. Bei 0-4 °C Lagertemperatur (128, 131) und Verpacken in Cryovac (128) ergaben sich mögliche Lagerzeiten zwischen 8 und 14 Tagen. Der relativ niedrige Geschmacksschwellenwert von 87-115 ppm spricht gegen eine stärkere Sulfitierung zur Verbesserung der Lagerfähigkeit (132, 133).

F. 2. Getrocknete Kartoffeln

Um farblich annehmbare, gut lagerfähige Trockenkartoffeln zu erhalten, werden recht unterschiedliche SO₂-Zusätze vorgeschlagen. Die für notwendig angesehenen Dosen reichen von 0-650 ppm. Sie werden weitgehend durch den Zuckergehalt der Kartoffeln und die Eindringtiefe des SO₂ bestimmt (135). Um letztere möglichst groß werden zu lassen, wird empfohlen, die rohen Kartoffeln in Wasser, welches 140-650 ppm SO₂ enthält, vorzuquellen, bis sie eine Gewichtszunahme von 7-10% zeigen (136). Um Bräunungserscheinungen während der Trocknung zu unterbinden, sollen 500 ppm SO₂ nötig sein (137). Das Trockenprodukt enthält dann noch 153 ppm SO₂ (138).

Besser als starke Sulfitierung ist eine Senkung der üblichen Restfeuchte [5-7% (139)], wobei eine Verminderung derselben um 2% die Lagerfähigkeit verdoppeln soll (138). Der gleiche Erfolg wurde durch Erniedrigung der Lagertemperatur um 3,4 °C erreicht (138). Mit Inpack-Trockenmitteln und bei niedriger Lagertemperatur erwiesen sich ungeschwefelte Kartoffeln und solche mit 400 ppm SO₂ als gleich gut lagerfähig. Erst bei Lagertemperaturen über 24 °C waren geschwefelte Kartoffeln stabiler (144). Eine geringe Restfeuchte von 2-3% (optimaler Wert) und Lagerung in Inertgasatmosphäre verringert den Verlust an wirksamem, d. h. freiem SO₂, und erlaubt damit geringere Anfangskonzentrationen (146). Interessant erscheint in diesem Zusammenhang, daß 0,50-0,64% Ca⁺⁺ im getrockneten Gut dreifach besser wirken als 200-400 ppm SO₂; auch die Kombination beider Stoffe brachte keine spürbare Verbesserung gegenüber Ca⁺⁺ allein (145).

F. 3. Kartoffeltrockenprodukte

Hier gilt im wesentlichen das gleiche wie bei Trockenkartoffeln. Die zur Lagerung notwendige SO₂-Menge wird einmal mit 500-600 ppm (147), dann mit

400 ppm angegeben (148), während bei anderen Untersuchungen (149) 200 ppm SO₂ bei Zimmertemperatur für eine Lagerung von mehr als 6 Monaten völlig zureichend waren.

Trocknet man mit offenen Rauchgasen, so können dabei 50–400 ppm SO₂ aufgenommen werden (150).

Es wurde festgestellt (151), daß der technologische Prozeß so gelenkt werden kann, daß nicht mehr als 100–125 ppm SO₂ im Trockenprodukt verbleiben (152); im fertigen Gericht sind dann noch etwa 20 ppm enthalten. Vergleicht man damit die analytischen Daten von Produkten aus der Bundesrepublik Deutschland [1–16 ppm SO₂ (70, 153)], so entsprechen diese 125 ppm SO₂ bereits einem mittleren Sicherheitsfaktor von etwa 10. Importware überschreitet diesen Wert teilweise erheblich (154).

G. Cerealien

1. Mais, Süßmais

Die Bearbeitung vor der Trocknung hat entscheidenden Einfluß auf die absorbierte SO₂-Menge. Halbe Kerne nahmen beim Tauchen 5–6 mal so viel SO₂ auf wie ganze Kerne (155). Die Hauptmenge davon wird bei blanchiertem Gut in den ersten 10 Sekunden absorbiert (155, 156). Für Süßmais soll ein Gehalt von 1500–2000 ppm SO₂ vor der Warmlufttrocknung (157), 300 bis 500 ppm vor der Gefriertrocknung (158) günstig sein. Zur Lagerung über 6 Monate bei 30 °C werden 500–1200 ppm SO₂, bei höheren Temperaturen bis 2000 ppm als notwendig angesehen (159). Über die Wirkungen der schwefligen Säure in Mais gehen die Ansichten erheblich auseinander. So heißt es einerseits (160), das Carotin im Gewebe werde nicht stabilisiert, andererseits (161), daß die Farbe verbessert, der Geschmack aber verschlechtert werde. Letzterem widerspricht die Behauptung, daß 1100–1700 ppm SO₂ organoleptisch günstig sein sollen (162).

2. Andere Cerealien

Bei Reis wird die Bräunung gehemmt, solange noch SO₂ nachweisbar ist; das Ranzigwerden wird jedoch nicht verzögert (163).

Das in Mehl enthaltene Gluten wird durch SO₂ verändert, wodurch es für die Kuchen- und Bisquitfabrikation geeigneter erscheint (164).

Für Graupen soll die technisch unvermeidbare Restmenge 400 ppm SO₂ betragen, die sich beim Kochen weiter vermindert (165). Dieser Wert erscheint sehr hoch, da Bleichung nur bei aleuronreicher Gerste notwendig ist (69).

H. Stärke und Stärkeprodukte

Bei der Stärkegewinnung, besonders aus Mais, wird dem Quellwasser SO₂ zugesetzt. Dadurch wird zwar die Viskosität der Stärke etwas vermindert, jedoch eine bessere Abtrennung von Proteinen erzielt (183). Die Mengenangaben schwanken zwischen 1000–5000 ppm (139) [1200–1500 ppm (184), bis 2000 ppm (185, 186)]. Gleichzeitig wird mikrobieller Verderb verhindert (187). Zu starke Sulfitierung führt zur Ausfällung von Eiweiß und mindert die Stärkeausbeuten (188). Na₂S₂O₅ hat sich besser bewährt als NaHSO₃ oder SO₂-Gas (184).

In der trockenen Stärke findet man 0–130 ppm SO₂ (115) [7–50 ppm SO₂ (189); Maisstärke: 90–130 ppm, Kartoffelstärke: 1–4 ppm, Weizenstärke: kein SO₂ (115)].

Stärkesirup wird sulfitiert, um das Vergilben zu hemmen, was etwa 10 bis 130 ppm SO₂ erfordert (190) [40–250 ppm (191)]. Jedoch können auch hohe Dosen dieses nicht ganz verhindern (190). Im UV-Licht wirken 150 ppm SO₂ (186), im Sonnenlicht 6–100 ppm SO₂ (192) nicht hemmend hinsichtlich der Verfärbung. Die bei Kontrollen gefundenen Mengen betragen 0–340 ppm SO₂ (193) bzw. 60–190 ppm (194). Auch bei der Gewinnung von Stärke aus Bananenstämmen wird dem Quellungswasser etwas SO₂ zugefügt (195).

I. Früchte, Fruchttrockenprodukte

Bei Früchten verursacht deren relativ hohe Enzymaktivität einige Schwierigkeiten bei der Verarbeitung. Man kann die Enzymtätigkeit mit SO₂ hemmen, benötigt dazu aber wesentlich größere Mengen als zur Sterilisation. Zur Inaktivierung von Polyphenoloxidase hat sich eine Kombination von Ascorbinsäure, Kochsalz und SO₂ am besten bewährt (96). Zum Auffangen der von Enzymen produzierten, organischen Peroxide genügen bereits 60 ppm SO₂ (245).

1. Äpfel

Apfelstücke sollen mit 100 ppm SO₂ gegen enzymatische Bräunung ohne Geschmacksbeeinträchtigung gesichert sein (246). Diese Menge wird an anderer Stelle (247) als völlig wirkungslos gegen Peroxidase bezeichnet, da zu deren Hemmung mindestens 440 ppm erforderlich seien. Dem steht wiederum entgegen, daß Äpfel im Rohzustand längere Zeit kalt lagerfähig (Kühlhaus) sein sollen, wenn sie 40–90 ppm SO₂ enthalten (248). Taucht man Apfelstücke für 2 Minuten in eine Lösung mit 2000–2500 ppm SO₂ und friert sie anschließend ein, so werden Konsistenz und Geschmack einmal als schlecht bezeichnet (249, 250), an anderer Stelle als gut (251). Zur Lagerung von getrockneten Äpfeln für 4–9 Monate sollen diese 500 ppm SO₂ (252) [770 ppm (253)] enthalten.

Die Verarbeitungsmethode hat erheblichen Einfluß auf die für erforderlich angesehene SO₂-Menge. So bleiben Apfelschnitzel mit 80 ppm SO₂ weiß, wenn sie im 2-Kessel-Trockner verarbeitet werden (254). Auch bei der Gefriertrocknung genügen ähnlich geringe Mengen. Taucht man das Trocknungsgut 2 Minuten in eine Lösung mit 6000 ppm SO₂ (bei einem pH-Wert von 1,45), so nehmen die Apfelstücke 830 ppm SO₂ auf. Davon verbleibt nach der Trocknung noch ein Rest von 40–170 ppm (144).

Weitere Angaben:

von 250–310 ppm verbleiben 85–195 ppm	}	(255)
von 310–680 ppm verbleiben 145–320 ppm		
von 400 ppm verbleiben 12– 40 ppm		
von 580–830 ppm verbleiben 350–560 ppm		
von beliebiger Menge verbleiben 25% (256)		

Die Stückgröße muß dabei so bemessen sein, daß völlige Durchdringung erreicht wird, da sonst Bräunungszentren auftreten. Taucht man die Apfelstücke vor der Gefriertrocknung in eine Lösung mit je 1% Kochsalz und Citronensäure, so kommt man ohne SO₂ aus. Weiter ist es günstig, bei der Trocknung 73 °C nicht zu überschreiten (255).

Bei den Gesamtemporaten 1959/61 an Trockenäpfeln fand man folgende Werte (257):

71 % enthielten weniger als	600 ppm SO ₂ ,
26 % enthielten von	600–1200 ppm SO ₂ ,
3 % enthielten mehr als	1200 ppm SO ₂ .

2. Pfirsiche

Die gleichen Untersuchungen bei importierten, getrockneten Pfirsichen ergeben folgendes Bild (257):

7 % enthielten weniger als	1000 ppm SO ₂ ,
59 % enthielten	1000–1400 ppm SO ₂ ,
34 % enthielten mehr als	1400 ppm SO ₂ .

Diese Mengen erscheinen sehr hoch, wenn man dagegenhält, daß 300 ppm SO₂ bei vakuumverpackten getrockneten Früchten ausreichten, um nach 6 Monaten Lagerung bei 38 °C eine gute Qualität zu erhalten (258). Bei gefriergetrockneten Pfirsichen genügten bereits 100 ppm (259), wogegen 100–200 ppm SO₂ bei einer durch Inpack-Trocknung nach Warmluft-Trocknung erreichten Restfeuchte von etwa 0,2% (258) erforderlich waren. Ein anderer Autor fand, daß 50 ppm SO₂ bei 4–5% Restfeuchte ausreichten (260). Als „kritische Mindestmenge“ für die Lagerfähigkeit werden andererseits 1000 ppm SO₂ genannt (261).

Für gefrorene Pfirsiche soll Glucosulfonat besser geeignet sein als Ascorbinsäure, Citronensäure oder SO₂ in den üblichen Anwendungsformen (262).

Blanchiert man nach dem Sulfitieren 20 Sekunden im Dampf, so wird die SO₂-Retention während der Trocknung und Lagerung erheblich verbessert (263).

3. Aprikosen

Auch hier mögen Untersuchungsergebnisse von importierten, getrockneten Früchten am Anfang stehen; sie zeigen ziemlich deutlich die Unsicherheit, welche hinsichtlich der zur Lagerhaltung erforderlichen SO₂-Mengen besteht (257):

24 % enthielten weniger als	1000 ppm SO ₂ ,
41 % enthielten	1000–1400 ppm SO ₂ ,
35 % enthielten mehr als	1400 ppm SO ₂ .

Entscheidend für die Qualität ist auch hier die Vorbehandlung und die Trocknungsart (263, 266). Bei 12–20% Restfeuchte reichen 460–815 ppm SO₂ für eine Lagerung bei 21 °C aus (264). Unreife Früchte nehmen mehr SO₂ auf als reife, geben jedoch bei der Trocknung auch wieder mehr ab [Unreif: 3810 → 210 ppm. Reif: 3880 → 610 ppm SO₂ (265)]. Gefriergetrocknete Aprikosen waren bereits mit 200–250 ppm SO₂ lagerfest, wenn sie mit H₂SO₃ behandelt wurden, während NaHSO₃ nur geringe Wirkung zeigte (266). Die geringste SO₂-Menge, die zur Lagerfähigkeit notwendig sei, wird mit 600 ppm angegeben (260). Zur Farberhaltung sollen sogar 1500–2000 ppm unumgänglich sein (267). Trocknet man die frischen Früchte teilweise, sulfitiert und trocknet auf 50% Gewichtsverlust weiter, woran sich eine erneute Schwefelung anschließt, so kann man mit wenig SO₂ auskommen und trotzdem ein helles aromatisches Produkt

erhalten (266). Die SO₂-Menge kann auch durch Verminderung ihrer Oxidationsgeschwindigkeit klein gehalten werden. Eine Senkung der Lagertemperatur um 20 °C erhöht nach der van't Hoff'schen Regel die mögliche Lagerzeit auf das 6- bis 16fache (268). Ein Deklarierungskuriosum sei hier nebenbei vermerkt (269). Im Handel als „ungeschwefelte Trockenaprikosen“ bezeichnete Ware enthielt zwischen 710 und 1664 ppm SO₂, „leicht geschwefelte“ 2931 ppm, während als „geschwefelt“ gekennzeichnete Früchte 550 ppm SO₂ aufwiesen.

4. Verschiedene Früchte und Fruchtprodukte

Citronensaftpulver mit 1% Restfeuchte war lagerstabil, wenn es 250 ppm SO₂ enthielt (140). Für Orangensaftpulver wurden etwa gleiche Werte (200 bis 250 ppm) ermittelt (270, 271). In Gegenwart von Inpack-Trockenmitteln kommt man bereits mit 150 ppm SO₂ aus (272), bei Fruchtlocken schon mit 58 ppm (273).

In getrockneter Ananas fand man 460–1560 ppm SO₂ (274, 275). Wegen der Beeinträchtigung von Geruch, Geschmack und Konsistenz sollte bei diesen Früchten von einer Schwefelung Abstand genommen werden, wenn sie nicht für eine Langzeitlagerung vorgesehen sind (276).

Die braune bis fast schwarze Farbe getrockneter Bananen hemmt deren Absatz. Taucht man die frischen Früchte vor der Trocknung für einige Minuten in eine Lösung mit 5000–10000 ppm SO₂, so bleiben sie strohgelb; bei der Trocknung sollen 70–75 °C nicht überschritten werden (276). Westindische Kleinbananen (banana figs) benötigen bei einer Restfeuchte von 15–18% zur Lagerung 445–580 ppm SO₂ (277).

Mangofrüchte und Papayas lassen 8–12 Monate Lagerzeit bei 24–30 °C zu, wenn sie 1500 ppm SO₂ enthalten (278). Bei Granatäpfeln in 15%igem Sirup wurde durch 500 ppm SO₂ die Lagerfähigkeit kaum verbessert (279). Erdbeeren zerfielen trotz 2000 ppm SO₂, wenn sie mit Erde verunreinigt waren (280). Getrocknete Pflaumen mit 250–500 ppm SO₂ fielen dem mikrobiellen Verderb nur dann nicht anheim, wenn ihre Restfeuchte unter 23% lag (281). Bei gefrorenen Pflaumen war die Farberhaltung gut, wenn sie vorher in eine Lösung mit 100–500 ppm SO₂ vom pH-Wert 1,0–2,5 getaucht wurden (282).

Begast man Blaubeeren 20 Minuten lang mit 0,25–0,50 Vol.-% SO₂ enthaltender Luft, so sind diese noch bei 24 °C lagerfähig; 1 Vol.-% SO₂ schädigt die Früchte (283). Lagerschäden, die durch Ammoniak an Früchten und Nüssen entstanden sind, lassen sich durch SO₂ nur teilweise beheben (284).

Die notwendige SO₂-Menge kann bei Früchten allgemein verringert werden, wenn man deren pH-Wert unter 3,5 senkt; als zweckmäßig hierfür hat sich – bei guter Aromaerhaltung – die Salzsäure erwiesen (285). Tageslicht beeinflusst die Stabilität der schwefligen Säure in Früchten nicht, wohl aber Fluoreszenzlicht, welches die Abbaugeschwindigkeit verdoppelt (286).

J. Weintrauben

Lagerung und Transport verursachen bei den sehr anfälligen Weintrauben oft erhebliche Verluste, die durch SO₂ verringert werden können. Über die Höhe der erforderlichen Dosen gehen die Meinungen auseinander. Die angegebenen Werte reichen von 15 ppm (288) über 20–50 ppm (287), 10–100 ppm (96) bzw. 400–600 ppm SO₂ als trockener Beipack in Exportgebinden (289), bis zu 500–1000 ppm SO₂ in der Lagerluft (290). Für die absatzweise Begasung

(jeweils 20 Minuten lang) liegen die empfohlenen Konzentrationen an SO₂ in der Lagerluft zwischen 0,25 Vol.-% bei wöchentlicher Anwendung (119, 163, 176) und 1,5 Vol.-%, wenn alle 2 Wochen begast wird (291). Andererseits soll dieses Verfahren aber die Früchte schädigen [Bleichung und Saftaustritt (292)], besonders wenn Konzentrationen zur Anwendung kommen, die Botrytis cinerea abtöten (49). Günstiger als Trockenkonservierung soll sein, die Trauben in eine Lösung mit 1000 ppm SO₂ zu tauchen und in Plastik- oder Gummieinschlag zu lagern (293). Senkte man die Lagertemperatur auf -0,55 °C, so genügten schon 20 ppm SO₂ in der Lagerluft, um die Anzahl der Fallbeeren zu vermindern und die Lagerfähigkeit auf das Vierfache zu erhöhen (294). 100 ppm SO₂ sollen jedoch den Geschmack von Weintrauben bereits erheblich beeinträchtigen (287).

K. Rosinen, Sultaninen, Korinthen

Bei Rosinen und Sultaninen erwartet der Verbraucher ein helles Produkt. Man bleicht deshalb vor der Trocknung mit SO₂. Es hat sich bewährt, vor der Sonnentrocknung mit einer Emulsion aus Tauchöl und K₂CO₃ einzusprühen, welche 12000 ppm SO₂ in Form von Na₂SO₃ enthält (314). Zur Bewahrung einer hellgolden Farbe bei Rosinen sind 800 ppm SO₂, zur Bleichung auf „schwefelgelb“ 1500 ppm SO₂ nötig (96). Die Lagerfähigkeit der gebleichten Früchte vermindert sich um etwa 10% gegenüber ungebleichter Ware (315).

Für Handelsware wurden bei Kontrollen Werte zwischen 0 und 2100 ppm SO₂ gefunden (118). Meist liegen sie aber bei 300–500 ppm SO₂ (316).

L. Marmeladen, Konfitüren, Gelee, Obstpülpfen

Die in Marmeladen vorgefundenen SO₂-Mengen sind im allgemeinen klein. Sie liegen meist zwischen 0 und 20 ppm (118). [Der analytische Scheinwert für SO₂ in Marmeladen aus unbehandelten Früchten wird mit 10 ppm angegeben (54).] Doch findet man auch erheblich höhere Werte (236):

	im Inland ppm SO ₂	im Ausland ppm SO ₂
Erdbeerkonfitüren	27 – 168	8,3–10,4
Himbeerkonfitüren	11,2–183	8,9
Schwarze Johannis- beerkonfitüren	—	8,2
Kirschkonfitüren	25	—

Die Inlandwerte liegen zum Teil noch erheblich über der gesetzlichen Grenze von 60 ppm (237). Dieses hat seinen Grund darin, daß Pülpfen aus stark farbigen Früchten sehr viel SO₂ binden, so daß bei einem Anfangsgehalt von 1500 bis 3000 ppm (239) nicht genügend SO₂ bei der Verarbeitung entfernt wird (238, 240). Der Verlust an Vitamin C in sulfitierten Pülpfen ist größer als bei -20 °C in Gefrierpülpfen (240). Trockenpülpfen sind den sulfitierten Pülpfen vergleichbar (241), wobei letztere zudem qualitätsmäßig schlecht beurteilt werden (242).

Wenn sich auch die Restmenge an SO₂ verringern läßt, indem man die Pülpfen ohne Zucker vorkocht [wobei der Geschmacksschwellenwert von 180 bis 200 ppm SO₂ unterschritten wird (244)], so sind doch SO₂-freie Marmeladen wegen

ihrer besseren Qualität vorzuziehen. Durch Verwendung von Gefrierpülen könnte auf eine Schwefelung ganz verzichtet werden (240).

Kleine Früchte lassen sich noch auf anderem Wege konservieren. Man trocknet bei 70–90 °C auf 20–50% Trockensubstanz, verarbeitet die halbtrockenen Früchte zu Pülen, füllt diese in Dosen und erhitzt auf 100 °C, wodurch sie unbeschränkt haltbar werden (243).

M. Gemüse, Gemüsesäfte, Pilze

Bei der Trocknung von Weißkraut und Karotten werden Zucker und Aminosäuren in der Gutsmitte angereichert. Dies führt auch in Gegenwart von 150–500 ppm SO₂ zur Bräunung, obwohl sich auch das SO₂ im Zentrum anreichert (135). 1800 ppm SO₂ erhalten zwar im Weißkraut die Farbe gut, schädigen aber Geruch und Geschmack. Gegenüber unsulfitiertem Kraut sollen 75% des Thiamins zerstört, der Ascorbinsäureverlust auf die Hälfte reduziert sein (295). Diese Feststellungen stehen im Widerspruch zu neueren Arbeiten (vergleiche: Abschnitt II A, Lit. 60 und 63). Ebenso fragwürdig erscheinen die Mengenangaben für die Geschmacksgrenze (2500 ppm SO₂) und die zur Lagerung notwendige Mindestmenge von 1500 ppm SO₂ (296).

Günstiger als eine Erhöhung der SO₂-Menge wirkt eine Verminderung der Restfeuchte. So konnte getrocknetes Weißkraut, welches 1000 ppm SO₂ enthielt, mit einer Restfeuchte von 2,4% bei 24 °C über 725 Tage gelagert werden, während die Lagerzeit bei 7,1% Restfeuchte nur noch 60 Tage betrug (141). In Gegenwart von Trockenmitteln in der Verpackung war die SO₂-Erhaltung 4 $\frac{1}{2}$ fach besser (297), wodurch die Anfangswerte für SO₂ niedrig gehalten werden können (171). Weitere Einsparungen an SO₂ lassen sich durch Dampfblanchieren erreichen (147).

Für Karotten gelten die gleichen Prinzipien (141). Die Lagerfähigkeit von sulfitiertem und SO₂-freiem Gut in Gegenwart von Trockenmitteln war gleich gut (144). Farb- und Aromaverluste konnten auf die Hälfte gesenkt werden, wenn man die Karotten vor der Trocknung mit 2,5%iger Stärkelösung behandelte. Als Bezugssgröße dienten sulfitierte Karotten (298). Je weniger sie beim Blanchieren an Inhaltsstoffen durch Auslaugen verlieren, desto besser wird ihre Lagerfähigkeit (299). Es erscheint überholt, zur Verdoppelung der Lagerstabilität von getrockneten Karotten SO₂-Gehalte von 1700–2600 ppm zu fordern (300).

Vergorener Karottensaft (ein in Indien hergestelltes Produkt) lässt sich länger als 6 Monate lagern, wenn mit 100 ppm SO₂ und 300 ppm Natriumbenzoat konserviert wird (305).

Grüne Bohnen sollen bei 5 Minuten Tauchzeit nicht mit Lösungen behandelt werden, die mehr als 1000 ppm SO₂ enthalten, da ihre Konsistenz sonst verschlechtert wird (301) und zuviel SO₂ im Gut verbleibt.

Blumenkohl, der zum Eindosen bestimmt ist, wird 30 Minuten lang gebleicht. Überschreitet die Tauchlösung dabei einen Gehalt von 2000 ppm SO₂, so können Verfärbungen nach rosa auftreten. Bei der üblichen Behandlung findet man im Gut und der Aufgußflüssigkeit 200–230 ppm SO₂ (71).

Bei Limabohnen scheint sich SO₂ organoleptisch günstig auszuwirken. Unsulfitierte Limabohnen erhielten 6,2 Punkte (Geschmacksskala: 0–10), mit 449 ppm SO₂ 6,9 Punkte und mit 2056 ppm SO₂ 7,0 Punkte (302). Pilze in Dosen enthalten kaum SO₂ (1 ppm) (118).

Vor dem Trocknen von Tomaten sollen diese auf mehr als 30 ppm SO₂ geschwefelt werden. Sie sind dann weniger hitzeempfindlich und besser lagerfähig. Die Restmenge an SO₂ ist minimal (303). Die Lycopinerhaltung in Tomatenpulver wird durch SO₂ nicht verbessert, die nichtenzymatische Bräunung nur unwesentlich gehemmt (304).

Folgende SO₂-Gehalte vor der Gefriertrocknung werden empfohlen (158):

Weißkohl	1000–2000 ppm,
Limabohnen	300– 500 ppm,
Grüne Bohnen	400– 600 ppm.

N. Senf, Meerrettich, Zwiebeln

Das in Senfsamen enthaltene Senföl, hauptsächlich aus Allylsenfölglykosiden stammend, vermag bei der Analyse SO₂ vorzutäuschen. Auch kann aus ihm durch enzymatische Reaktionen SO₂ entstehen. So wurden in nichtsulfitierten Senfsamen folgende Werte gefunden (179):

Gelbsenfsamen:	Polen	18 ppm,
	Montana	30 ppm,
	Rumänien	31 ppm,
	Holland	316 ppm.
Braunsenfsamen:	Orient, Sizilien, USA, Elsaß	26–52 ppm.

Nicht geschwefelter Senf – auch die Rohstoffe waren nicht sulfitiert – ergab einen Analysenwert von 10–12 ppm SO₂ (179). Andere Untersuchungen (178) zeigten Scheinwerte von 64–69 ppm. In Handelserzeugnissen wurden 51 bis 480 ppm SO₂ festgestellt (178). Untersucht man synthetisches Allylsenföl nach den gleichen Methoden, so findet man 12000–15000 ppm scheinbares SO₂. Dies ist auf wasserdampfflüchtige Anteile zurückzuführen, die in der Vorlage oxidiert werden (179).

Zwiebeln und Meerrettich enthalten ebenfalls Senfölglykoside und zeigen deshalb SO₂-Scheinwerte. In frischen Zwiebeln wurden 15 ppm, in getrockneten Zwiebeln etwa 90 ppm scheinbares SO₂ festgestellt (118, 180). Für Meerrettich konnten keine entsprechenden Zahlenangaben gefunden werden. Wegen der sehr rasch eintretenden Verfärbung bedarf Meerrettich einer Bleichung mit SO₂, welches aber als Konservierungsmittel wenig wirksam ist. Man verwendet deshalb Mischungen aus Sulfiten und Benzoesäure (181). Die Mengenangaben sind uneinheitlich. Einmal werden je 500 ppm von beiden Stoffen empfohlen (181), an anderer Stelle (182) heißt es, daß 750 ppm SO₂ allein oder jeweils 625 ppm SO₂ und Benzoesäure günstig seien. Trotz 1000 ppm SO₂ und 1000 ppm Benzoesäure wird die Lagerfähigkeit noch „schlecht“ genannt. Im Winter sollen 4 Monate, im Sommer 2 Monate bei „sachgemäßer Lagerung“ die zeitliche Grenze für Meerrettichkonserven sein (181). (Über Temperatur und Verpackungsart wurden dabei keine Angaben gemacht.)

O. Fleisch und Fleischwaren, Fisch, Schalentiere

Diese Lebensmittel haben im gegebenen Zusammenhang nur theoretisches Interesse, da ihre Sulfitierung in der Bundesrepublik Deutschland und in vielen anderen Ländern verboten ist. Doch sollen hier kurz einige Versuchsergebnisse erwähnt werden.

Getrocknetes Hammelfleisch soll bei 25 °C 2 Jahre lagerfähig sein, wenn es mit einem Gehalt von 100 ppm SO₂ gasdicht verpackt ist (166). Getrocknetes Fleisch mit 500 ppm SO₂ kann in Stickstoffatmosphäre, selbst bei tropischen Temperaturen, vor Bräunung geschützt werden (167). Von Hackfleisch wird berichtet, daß 500 ppm SO₂ die Lagerfähigkeit bei warmem Wetter verlängern (168), während die Farberhaltung schon durch 300 ppm SO₂ erheblich verbessert wird. Nach dem Braten oder Backen verbleiben noch 100 ppm SO₂. Bei dreitägiger Lagerung von sulfitiertem Hackfleisch werden 60% des ursprünglich vorhandenen SO₂ oxidiert (169). Trotz des vorher erwähnten Verbotes der Anwendung von SO₂ für Hackfleisch und Fleischkonserven wurden bei Kontrolluntersuchungen Werte bis zu 2500 ppm (!) gefunden (115).

Wenn man Garnelen und Krabben nicht konserviert oder anderweitig stabilisiert, so tritt sehr schnell Schwarzfleckigkeit auf. Diesen Verderb kann man durch Einlegen der Tiere in Eiswasser mit 650-1000 ppm SO₂ um zwei Tage verzögern (170). Liegen Krabben 5 Tage in Eis, welches 1250 ppm SO₂ enthält, so nimmt das Fleisch in diesem Zeitraum 200-430 ppm SO₂ auf (171).

Für Heringe wurde ein Konservierungsbad folgender Zusammensetzung patentiert (172):

7-70 ppm SO₂,
1-5% KF,
1-5% KNO₃,
1-5% KCl,
1-5% Benzoesäure.

P. Futtermittel, Silagen

Silagen aus Orangenschalen (198), Leguminosen (199), Gras (200, 201), Heu und Mais (202), Gras und Luzerne (203) wird z. T. SO₂ zugesetzt, wobei sich die Dosis zwischen 2200 ppm und 3600 ppm SO₂ bewegt. Das Vieh nimmt solche Silage gut an, verweigert jedoch bei 6000 ppm (263). Milchleistung und Gewichtszunahme werden nicht beeinträchtigt. Die schweflige Säure bewirkt eine schnellere Säuerung im Silo, Carotin und reduzierende Zucker sollen dabei stabilisiert werden (vergl. aber Lit. 60, 63) und weniger Ammonium-Stickstoff, Milchsäure und flüchtige Säuren auftreten. Lediglich ein Autor (204) bezeichnet die schweflige Säure als schlechtes Konservierungsmittel für Silagen, wogegen eine Kombination von Na₂S₂O₅ mit Calciumformiat gut beurteilt wird.

Sojaprotein wird als Hühnerbeifutter verwendet. Zur Extraktion aus Sojamehl dient u. a. schweflige Säure (205). Beläßt der Hersteller allerdings 7000 ppm SO₂ im verkaufsfertigen Sojaprotein, so kann kein Thiamin mehr vorhanden sein (206); ein derartiges Futtermittel muß außerdem als toxisch bezeichnet werden. Fischmehl kann geruchlos gemacht werden, indem man das entfettete Mehl mit H₂SO₃ behandelt und dann wäscht, bis kein SO₂ mehr nachweisbar ist (207). Wie weit dabei der Futterwert gemindert wird, ist nicht erwähnt.

Q. Verschiedenes

SO_2 wird als Konservierungsmittel für Pektin und als technischer Hilfsstoff in der Zuckerindustrie verwandt. Bei Pektinen sind zur Stabilisierung für eine Woche 250–1500 ppm SO_2 notwendig. Überschreitet die Dosis 2000 ppm SO_2 , wird der lösliche Anteil beträchtlich erhöht (317). In den USA wird flüssiges Pektin ohne SO_2 durch Erhitzen haltbar gemacht (96).

Zuckerrüben können mit SO_2 sterilisiert werden, doch ist dabei der pH-Wert schlecht unter Kontrolle zu halten (318). Deshalb wird SO_2 erst nach Zerkleinerung der Rüben eingesetzt. Man gibt H_2SO_3 oder SO_2 zu, bis der pH-Wert nahe am isoelektrischen Punkt der Aminosäuren liegt. Es geht dann weniger Protein in Lösung und der Saft ist leichter einzudicken (319). In den abgepreßten Schnitzeln findet man noch 35–55 ppm SO_2 (134).

Bei einem Kaltextraktionsverfahren wird der Schnitzelbehälter auf 60 Torr evakuiert, 500 ppm SO_2 (auf Füllgut berechnet) als Gas langsam eingeblasen. Nach Absorption durch die Schnitzel vermindert man den Druck auf 15 Torr und sättigt diese mit Chloroform. Daran schließt sich die Extraktion mit kaltem Wasser an. Ausbeute und Qualität sollen besser sein als beim Heißdiffusionsverfahren (142).

Versuche, Eier durch Sulfitieren länger lagerfähig zu machen, schlugen fehl. Bereits Dosen von weniger als 50 ppm SO_2 verflüssigten das Eiklar – wahrscheinlich durch Spaltung von S–S-Brücken in Cystinbausteinen des Proteins – und der Dotter erschien verdorben (143).

Schlußfolgerungen

Aus der Vielfalt der zitierten Arbeiten ergeben sich zwei grundlegende Folgerungen:

1. Die Wirkungsweise der schwefligen Säure auf die verschiedenen Lebensmittelinhaltstoffe ist bisher unzureichend bekannt. Ihr Haupteffekt scheint in der Farberhaltung und in einem teilweisen Schutz vor mikrobiellem Verderb zu bestehen.

2. Die physiologischen Wirkungen der schwefligen Säure wurden besonders bei Wein untersucht. Danach müßten die nach den bisherigen Gesetzen bei manchen Lebensmitteln zugelassenen Mengen als physiologisch nicht ganz unbedenklich bezeichnet werden. Deshalb ist stets solchen Verfahren der Lebensmittelbearbeitung der Vorzug zu geben, welche erlauben, physiologisch bedenkliche Fremdstoffgehalte in Lebensmitteln zu reduzieren oder diese Fremdstoffe ganz zu vermeiden. Eine gezielte Umorientierung der Verbraucheranforderungen wird dabei hilfreich, aber auch nötig sein, ebenso wie gesetzgeberische Maßnahmen.

In der nachfolgenden Tabelle sind für einige Länder und die wichtigsten Lebensmittel die gesetzlich erlaubten Höchstwerte an SO_2 zusammengestellt. Dabei wurde kein Unterschied zwischen SO_2 als Konservierungsmittel und als technischem Hilfsstoff gemacht. Die angeführten Zahlen können sowohl die zur Konservierung zulässige Dosis angeben als auch die eben noch duldbare Grenze für technisch unvermeidbare Restmengen an SO_2 als technischem Hilfsstoff.

In einzelnen Fällen können sich die aufgeführten Werte auf interne Abmachungen der Industrie beziehen, Vorschläge von Fachkommissionen sein oder der Praxis entnommene Analysenwerte darstellen, da eine gesetzliche Regelung ausstand oder noch aussteht. Diese Werte sind jeweils besonders gekennzeichnet (Kursivzahlen, s. u.).

Als Kurzbezeichnung in der Länderrubrik sind die internationalen Kraftfahrzeugkennzeichen eingesetzt (Ausnahme: Nr. 27, S.A.M. = Südamerika).

Erläuterungen zur Tabelle

1. soweit aus Rohstoffen stammend
2. in der Aufgußflüssigkeit
3. zur Weiterverarbeitung
4. auch Gemüsesäfte
5. Speisegelatine, lufttrocken
6. K. Heintze, priv. Mitt.: Analysenwerte, Industrieproben BRD: Kartoffeln, getrocknet: 0-5 ppm; Kartoffelprodukte (trocken): 0-16 ppm
7. außer Dextrose (= Traubenzucker)
8. geraspelt oder gerieben für Backzwecke: 125 ppm
9. Vorschläge: BFA für Fleischforschung, Kulmbach: 50 ppm (400 ppm wurden beanstandet); Verb. d. chem. Industrie: 400 ppm; Fachverb. d. Hauteimindustrie: 400-500 ppm
10. Scheinwert, ohne SO₂-Zusatz gefunden
11. Sellerie, Zwiebeln, Pastinakes, Champignons
12. außer Korinthen
13. technisch mögliche Mindestmenge
14. zum Bleichen
15. bei 100 ppm freiem SO₂: 500 ppm Gesamt-SO₂
16. nur Kochsalz erlaubt
17. Importware
18. 1. Qualität: 50 ppm; 2. u. 3. Qualität: 200 ppm; 4. Qualität: 500 ppm
19. geschälte Nüsse, im Kern
20. ohne Zuckerzusatz
21. zur Desinfektion
22. Gärungsgemüse (Sauerkraut, Gurken etc.)
23. die Anwendung von Natriumsalzen der schwefligen Säure wurde 1964 verboten; statt derer: Kaliumsalze
24. auch bei geringeren Mengen ist Deklarierung erforderlich
25. Zitronensaft: 400 ppm SO₂; Sirup mit 55% Zucker: 50 ppm SO₂
26. 1. Qualität: 50 ppm SO₂; 2. Qualität: 75 ppm SO₂
27. die angeführten Werte sind Vorschläge verschiedener EWG-Kommissionen
28. Konfitüren, Gelees, Marmeladen mit der Bezeichnung „Extra“ dürfen kein SO₂ enthalten
29. zum Verzehr: 100 ppm SO₂ (außer Tomaten; siehe Zeile 24)
30. ab 1962: Wein 420/70 ppm SO₂
31. Erbsen: 500 ppm, Karotten: 1000 ppm SO₂
32. Invertzucker: kein SO₂ erlaubt
33. gesüßte Mineralwässer
34. gilt auch für Zuckerrüben
35. Maissirup
36. leichte Weine: 250 ppm, schwere Weine: 350 ppm SO₂
37. Tomatensaft
38. allgemeine Verordnung: Getränke: 100 ppm SO₂; feste Lebensmittel: 500 ppm SO₂
39. Lebensmittel, welche als Vitamin B₁-Träger von Bedeutung sind, dürfen nicht sulfitiert werden
40. Grundsätzlich Einzelgenehmigung erforderlich für im Gesetz zitierte Lebensmittel. Nicht genannte Lebensmittel: 500 ppm SO₂
41. zum Verzehr: 100-350 ppm SO₂; zum Kochen: 350-1250 ppm SO₂
42. obere Zahl: Konsumweine; untere Zahl: Luxusweine
43. Konsumweine: 200/80 ppm SO₂; Süßweine: 400/100 ppm SO₂; natürl. Schaumweine: 100 ppm SO₂; Perlweine: 200 ppm SO₂; Konz. Most: 500 ppm SO₂
44. zur Weiterverarbeitung: unbegrenzt, wenn im Endprodukt kein SO₂ mehr nachweisbar
45. für Trauben- und Kernobstsäfte gelten besondere Bestimmungen (siehe Zeile 1 u. 2)
46. Limonaden: kein SO₂
47. gilt nur für Citrusfrüchte
48. die angegebenen Dosen sind „zur Anwendung“ zugelassen; die Menge im Endprodukt ist nicht festgesetzt
49. Weintrauben, je Steige
50. als Rest aus Kellerbehandlung zulässig
51. gilt nicht für Grapefrucht-, Zitronen-, Apfel- und Birnensirup: Sonderbestimmungen
52. Puderzucker: 150 ppm SO₂
53. Hackfleisch, Wurst, Cervelat-Wurst: 610 ppm; Wurst- und Fleischwaren: 320 ppm
54. siehe Lit. 100, 210, 221

*) Vgl. einführenden Text, 2. Absatz.

Die in der Tabelle aufgeführten Zahlen bedeuten ppm schweflige Säure oder deren Salze, berechnet als SO₂. Die Schreibweise 500/100 besagt, daß 500 ppm Gesamt-SO₂ zulässig sind, wovon 100 ppm als freies SO₂ vorliegen dürfen. Kursiv gedruckte Zahlen beziehen sich auf die „Erläuterungen zur Tabelle“. Werden diese Zahlen von vertikalen Pfeilen eingeschlossen, so gilt die entsprechende Erläuterung für die ganze Rubrik.

Literatur

Abkürzungen:

ZUL = Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung; BfLL = Schriftenreihe des Bundes für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde; BMGes. = Bundesgesundheitsministerium; G. u. VO. = Gesetze und Verordnungen.

1. ZUL **63**, **64**, G. u. VO. 50 (1932). — 2. BfLL, Heft 15 (*Zusatzstoffe*). — 3. Food & Cosmetics Toxicology Vol. 1, 48 (1962). — 4. ZUL **124**, G. u. VO. 152 (1964). — 5. ZUL **128**, G. u. VO. 96 (1965). — 6. BfLL, Schr. v. 26. 7. 1963 an BMGes. — 7. Dtsch. Lbm. Rdsch. **58**, 315 (1962). — 8. KLEIN-RABE-WEISS, Komm. z. Lbm. Ges. d. BRD, Stand v. 1. 3. 1962. — 9. Bundesgesetzbl. I, S. 1114, v. 28. 7. 1961. — 10. ZUL **63**, **64**, G. u. VO. 118 (1932). — 11. ZUL **125**, G. u. VO. 65 (1964). — 12. ZUL **63**, **64**, G. u. VO. 121 (1932). — 13. ZUL **124**, G. u. VO. 96 (1964). — 14. *Gazetta Ufficiale*, Rom 7. 3. 1963. — 15. Current Food Additives Legislation Nr. 74 v. 31. 5. 1964 (VO vom 23. 12. 1963). — 16. ZUL **63**, **64**, G. u. VO. 57 (1932). — 17. ZUL **116**, G. u. VO. 47 (1962). — 18. Ind. Obst- u. Gemüseverwertung **50**, 804 (1965) (EWG-Direktiven). — 19. Ernährungswirtsch. **12**, 864 (1965) (Vorschläge d. Codex-Komm.). — 20. Dtsch. Lbm. Rdsch. **61**, 293 (1965) (II. Mitt. d. Fremdstoff-Komm. Aug. 1964). — 21. ZUL **63**, **64**, G. u. VO. 135 (1932). — 22. ZUL **116**, G. u. VO. 46, 61 (1962). — 23. ZUL **63**, **64**, G. u. VO. 116 (1932). — 24. ZUL **63**, **64**, G. u. VO. 55 (1932). — 25. ZUL **123**, G. u. VO. 51 (1964). — 26. ZUL **118**, G. u. VO. 26 (1962) — 27. Food Technol. Australia **15**, 87 (1963). — 28. The Standard Inst. Israel, 200 Dizengoff Road Tel Aviv, 28. 2. 1959. — 29. ZUL **63**, **64**, G. u. VO. 137 (1932). — 30. Trade Letters, Food & Drug Dir. Ottawa, Kanada, v. 1. 3. 1962. — 31. Food & Cosmetics Toxicology, Vol. 2 Nr. 1, S. 58 (1964). — 32. ZUL **63**, **64**, G. u. VO. 60 (1932). — 33. ZUL **120**, G. u. VO. 77 (1963). — 34. ZUL **124**, G. u. VO. 95 (1964). — 35. ZUL **63**, **64**, G. u. VO. 61 (1932). — 36. ZUL **118**, G. u. VO. 79 (1962). — 37. ZUL **63**, **64**, G. u. VO. 65 (1932). — 38. ZUL **63**, **64**, G. u. VO. 131 (1932). — 39. Ernährungswirtsch. **12**, 880 (1965). — 40. HIRSCH, P., Chem. Konserv. v. Lbm., Techn. Fortschrittsber. **54**, 137 (1949). — 41. ZUL **124**, G. u. VO. 159 (1964). Ref. aus: Food, Drug, Cosmetic Law J. **18**, 194 (1963). — 42. v. SCHELHORN, M., Fette, Seifen **56**, 221 (1954). — 43. NIKKILÄ, D. E. und R. R. LINKO, Ber. Ser. IV, Chemie, Staatsminist. f. techn. Forschg. (Helsinki 1958). — 44. INGRAM, M., Rev. Fermentat. Ind. aliment. **13**, 179 (1958). — 45. REHM, H.-J. und H. WITTMANN, ZUL **118**, 413 (1962). — 46. INGRAM, M., Rev. Ferment. **13**, 179 (1958). — 47. RAHN, O. und J. E. CONN, Industr. Engng. Chem. **36**, 185 (1944). — 48. BALATSOURAS, G. D. und U. G. POLYMEMACOS, Food Res. **28**, 267 (1963). — 49. NELSON, K. E., Proc. Amer. Soc. hort. Sci. **71**, 183 (1958). — 50. REHM, H.-J. und H. WITTMANN, ZUL **120**, 465 (1963). — 51. REHM, H.-J., H. WITTMANN und U. STAHL, ZUL **115**, 244 (1961). — 52. KIELHÖFER, E. und H. AUMANN, ZUL **105**, 283 (1957). — 53. RAIBLE, K., Dtsch. Lbm. Rdsch. **53**, 60 (1957). — 54. REHM, H.-J., ZUL **115**, 27 (1961). — 55. v. SCHELHORN, M., Industr. Obst- u. Gem. Verw. **36**, 390 (1951). — 56. RAIBLE, K., Fette, Seifen **60**, 953 (1958). — 57. REHM, H.-J., E. SENING, H. WITTMANN und P. WALLNÖFER, ZUL **123**, 425 (1963). — 58. KIELHÖFER, E., Weinberg & Keller **5**, 461 (1958). — 59. REHM, H.-J., P. WALLNÖFER und H. KESKIN, ZUL **127**, 72 (1965). — 60. KIELHÖFER, E. und G. WÜRDIG, Weinberg & Keller **6**, 21 (1959). — 61. JOSLYN, M. A. und J. B. S. BRAVERMAN, Adv. Food Res. V, 97 (1954). — 62. Büsing, H. K. und W. RAABE, Klin. Wochenschr. 5, 1766 (1938). — 63. DIEMAIR, W. (Zit.: K. LANG), BfLL, Heft 48 (1964). — 64. KEUSENKAMP, A., J. VAN STEENIS, und H. J. WATERMAN (Food Sci. Abstr.) aus: J. Amer. Oil Chem. Soc. **26**, 479 (1949). — 65. DAHMEN, E. A. M. F., H. J. WATERMAN, und P. M. HEERTJES (Food Sci. Abstr.) aus: Chim. et Ind. **64**, 557 (1950). — 66. Carnation Comp. U.S.A. Pat. 2, 825.651. — 67. WEER-

- MOUTH, W. G., Food Manufact. **36**, 102 (1961). — 68. World Health Organisation Technical Report Series Nr. 228 (Genf 1962). — 69. ROHRLICH, R. und G. BRÜCKNER, Das Getreide, I. Teil, S. 161 (Berlin 1956) SO 36. — 70. HEINTZE, K. (private Mitteilung). — 71. DONATH, H., Nahrung **6**, 470 (1962). — 72. EICHHOLTZ, F., Lehrbuch der Pharmakologie (Berlin-Göttingen-Heidelberg 1947). — 73. EICHHOLTZ, F., Die toxische Gesamtsituation auf dem Gebiet der menschlichen Ernährung (Berlin-Göttingen-Heidelberg 1956). — 74. BOOGS, M. M. and A. C. WARD, Food Technol. **4**, 282 (1950). — 75. LANG, K. (Gutachten), Ref. H. HEISS, Ernährungswirtschaft **7**, 249 (1960). — 76. KIELHÖFER, E., Weinberg & Keller **5**, 573 (1958). — 77. DIEMAIR, W., J. KOCH und D. HESS, ZUL **113**, 277 (1960). — 78. RENTSCHLER, H., Schweiz. Z. Obst & Weinbau **25**, 455 (1950). — 79. DIEMAIR, W., J. KOCH und D. HESS, ZUL **113**, 381 (1960). — 80. BERG, H. W. and M. AKIYOSHI, Food Res. **25**, 183 (1960). — 81. AMERINE, M. A., Adv. Food Res. **VIII**, 135 (1958). — 82. RIBÉREAU-GAYON, J. et P., Chim. Ind. **70**, 416, 694 (1953). — 83. PRILLINGER, F., Mitt. Wein- & Obstbau, Wien **10A**, 130 (1960). — 84. CRUESS, W. V., Food Manufact. **31**, 468 (1956). — 85. RIBÉREAU-GAYON, J. et Y. CHARPENTIÉ, Ind. agric. aliment **66**, 497 (1949). — 86. KIELHÖFER, E. und G. WÜRDIG, Weinberg & Keller **7**, 16, 50 (1960). — 87. DIEMAIR, W., J. KOCH und D. HESS, ZUL **114**, 26 (1961). — 88. PAUL, F., Mitt. Wein- & Obstbau, Wien **8 A**, 123 (1958). — 89. VAN ZYL, J. A., Farming S. Afr. **30**, 495, 524 (1955). — 90. RANKINE, B. C., Austr. J. Appl. Sci. **6**, 421 (1955). — 91. KIELHÖFER, E. und G. WÜRDIG, Weinberg & Keller **7**, 313, 361 (1960). — 92. KEAN, C. E. and G. L. MARSH, Food Res. **21**, 441 (1956). — 93. DASKALOV, L. und Z. RANGEOVA, ZUL **123**, 258 (1963). — 94. LÜTHI, H., Schweiz. Z. Obst- & Weinbau **58**, 315 (1949). — 95. KIELHÖFER, E. und G. WÜRDIG, Weinberg & Keller **10**, 399 (1963). — 96. JOSLYN, M. A. and J. B. S. BRAVERMAN, Adv. Food Res. **V**, 97 (1954). — 97. KIELHÖFER, E., Dtsch. Weinbau **16**, 970 (1961). — 98. RANKINE, B. C., J. Sci. Food & Agric. **16**, 394 (1965). — 99. YANG, H. Y. and E. H. WIEGAND, Food Techn. **5**, 103 (1951). — 100. KOCH, J., Dtsch. Weinbau **10**, [13] (1955). — 101. D'ESTIVAX, L. B., C. R. Acad. Agric. Fr. **44**, 342 (1958). — 102. PAUL, F., Mitt. Obst- & Weinbau, Wien **12 A**, 275 (1962). — 103. PREMUTIĆ, D., Kem. & Ind. Zagreb **13**, 861 (1964). — 104. KOCH, J., Weinberg & Keller **3**, 463 (1956). — 105. CASPAR, J. N. and H. Y. YANG, Food Techn. **11**, 536 (1957). — 106. CASPAR, J. N. and H. Y. YANG, Food Manuf. **23**, 77 (1958). — 107. OUGH, C. S., E. B. ROESSLER und M. A. AMERINE, ZUL **114**, 425 (1961), aus: Food Techn. **14**, 352 (1960). — 108. CRUESS, V. W., R. QUACCHIA, and K. ERICSON, Food Techn. **9**, 601 (1955). — 109. CORTES, J. M., ZUL **100**, 342 (1955). — 110. FLANZY, M., Industr. agric. aliment. **66**, 31 (1949). — 111. RODOPULO, A., Ernährungswirtschaft **8**, 389 (1961), aus: Weinbereit. u. Weinbau CCCR **19**, 9 [4] (1959). — 112. KONLECHNER, H. und H. HAUSHOFER, Mitt. Wein- & Obstbau, Wien, **5 A**, 263 (1955). — 113. HIRNREINER, E., F. FILIPELLO, H. W. BERG, and A. D. WEBB, Food Techn. **9**, 489 (1955). — 114. LANG, K., Dtsch. Lbm. Rdsch. **56**, 310 (1960). — 115. MÜLLER-MANGOLD, D., Stärke **2**, 215 (1950). — 116. KOCH, H.-J., Dtsch. Lbm. Rdsch. **59**, 236 (1963). — 117. Urteil LG. Duisburg, ZUL **105**, G. u. VO. 43 (1957). — 118. REITH, J. F. und J. J. L. WILLEMS, ZUL **108**, 276 (1958). — 119. BEERNER, Chr., Mitt. Lbm.-Unters. Bern, **43**, 388 (1952). — 120. Unilever, U. K. Pat. 880, 521, Food Manuf. **37**, 136 (1962). — 121. HEINTZE, K., Industr. Obst- u. Gem. Verwertg. **47**, 495 (1962). — 122. FRANCIS, F. J., B. L. AMLA, and A. KIRATSOUS, Food Techn. **13**, 485 (1959). — 123. MAPSON, L. W. and H. G. WAGER, J. Sci. Food & Agric. **12**, 43 (1961). — 124. ANGYAL, G. and P. VÉRÓCZY, Food Sci. Abstr. **29**, 173 (1957), aus: Elelmez. Ipar. Budapest **9**, 156 (1955). — 125. Etabl. J. Capmaset Fils, Franz. Pat. 1, 123, 349 v. 20. 9. 1956, Ernährungswirtschaft **4**, 125 (1957). — 126. MULLINS, W. R., R. L. OLSON, and R. H. TREADWAY, Food Sci. Abstr. **26**, 444 (1954), aus: US Dep. Agric. Bur. agric. ind. Chem. AIC-360 (1953). — 127. SCALERNA, C. and A. LONGO, US Pat. Stärke **5**, 225 (1953). — 128. ANDERSON, E. E. and C. ZAPSALIS, Food Engng. **29**, 114 [2] (1957). — 129. FURLONG, C. R., J. Sci. Food & Agric. **12**, 49 (1961). — 130. WEGNER, H., BfLL Heft **47**, 13 (1963). — 131. ANDERSON, E. E., W. B. ESSELEN, and C. R. FELLERS, Food Techn. **8**, 569 (1954). — 132. FRANCIS, F. J. and B. L. AMLA, Amer. Potato J. **38**, 89 (1961). — 133. SISTRUNK, W. A., Food Techn. **11**, 336 (1957). — 134.

- Anonym, Zucker **8**, 357 (1955). — 135. DUCKWORTH, R. B. and M. TOBASNIK, J. Sci. Food & Agric. **11**, 266 (1960). — 136. U. K. Pat. 925, 886, J. A. J. COLEMAN, Ltd. Food Manuf. **39**, 84 (1964). — 137. EISENHARDT, U. H., J. CORDING, Jr., R. K. ESKEW, and J. F. SULLIVAN, Food Techn. **15**, 279 (1961). — 138. ROSS, A. F., Adv. Food Res. **I**, 257 (1948). — 139. HENDEL, C. E., H. K. BURR, and M. M. BOOGES, Food Techn. **9**, 627 (1955). — 140. TRESSLER, D. K., Food Techn. **10**, 119 (1956). — 141. LEGAULT, R. R., C. E. HENDEL, W. F. TALBURST, and M. F. POOL, Food Techn. **5**, 417 (1951). — 142. WATERMAN, HEIN, J., Delft, DP-Anmeldung Auslegeschrift 1 060 809, 89 c, 2. (18. 8. 1958). — 143. McDONNELL, L. R. u. a., Food Sci. Abstr. **25**, 159 (1953), aus: Poultry Sci. **30**, 856 (1951). — 144. LEGAULT, R. R., C. E. HENDEL, and W. F. TALBURST, Food Techn. **8**, 143 (1954). — 145. SIMON, M., J. R. WAGNER, V. G. SILVEIRA, and D. E. HENDEL, Food Techn. **9**, 271 (1955). — 146. HEARNE, J. F. and D. TAPSFIELD, J. Sci. Food & Agric. **7**, 210 (1956). — 147. GOODING, E. G. B., Food Manuf. **31**, 369 (1956). — 148. KATZ, S., Stärke **15**, 232 (1963). — 149. CORDING Jr., J., R. K. ESKEW, G. J. SALINARD, and J. F. SULLIVAN, Food Techn. **15**, 279 (1961). — 150. WEGNER, H., Stärke **7**, 185 (1955). — 151. DIEMAIR, W., BfLL Heft **43**, 1 (1963). — 152. CORDING Jr., J., M. J. WILLARD Jr., R. K. ESKEW, and P. W. EDWARDS, Food Sci. Abstr. **27**, 304 (1955), US. Dep. Agric., Agric. Res. Serv. ARS-73-2 (1954). — 153. DIEMAIR, W., BfLL Heft **43**, 36 (1963). — 154. WEGENER, H., Dtsch. Lbm. Rdsch. **52**, 199 (1956). — 155. HAYES, R. E., A. J. NELSON, and M. P. STEINBERG, Food Techn. **10**, 18 (1956). — 156. HAYES, R. E., A. J. NELSON, and M. P. STEINBERG, ZUL **105**, 247 (1957). — 157. TRESSLER, D. K., Food Techn. **10**, 119 (1956). — 158. DE GROOT, A. P., Food Techn. **17**, 339 (1963). — 159. NELSON, A. J., L. L. KEMPE, H. W. NORTON, and L. B. HOWARD, Food Techn. **8**, 9 (1954). — 160. WILSON, L. G. and G. MAC-KINNEY, Food Techn. **15**, 163 (1961). — 161. CALDWELL, J. S., C. W. CULPEPPER, and M. C. HUTCHINS, Food Packer **28**, 25 [13] (1947), Food Packer **29**, 86 [1], 44 [4], 54 [5] (1948). — 162. NELSON, A. J., M. P. STEINBERG, R. R. LEGAULT, and H. W. NORTON, Food Techn. **9**, 254 (1955). — 163. HOUSTON, D. F., J. R. HUNTER, and E. B. KESTER, J. Agric. & Food Chem. **4**, 964 (1965). — 164. WARD, H. H., Food Sci. Abstr. **22**, 200 (1950) aus Bakers nat. Ass. Rev. **66**, 395 (1949). — 165. Anonym, Ernährungswirtschaft **8**, 564 (1961), aus: Mühle **98**, 391 [30] (1961). — 166. PRATER, A. R. and A. G. L. ELLIOT, ZUL **110**, 405 (1959), aus: Div. Food Pres. & Transp., Techn. Paper No. 9 (1958). — 167. SHARP, J. G., J. Sci. Food & Agric. **8**, 14 (1957). — 168. CHRISTIAN, J. H. B., Food Pres. Quart. **23**, 30 (1963). — 169. KROL, B. und P. C. MOERMAN, ZUL **112**, 247 (1960), aus: Conserva **8**, 1 (1959/60). — 170. FIEGER, E. A., M. E. BAILEY, and A. F. NOVAK, Food Techn. **10**, 578 (1956). — 171. BAILEY, M. E. and E. A. FIEGER, Food Techn. **8**, 317 (1954). — 172. HOWDER, R., Norweg. Pat. 81.505 Ernährungswirtsch. **2**, 264 (1955). — 173. BRENNER, M. W., J. L. OWADES, and T. FAZIO, Amer. Soc. Brew. Chem. Proc. annu. Meetg. **5**, 125 (1955). — 174. Anonym, B. P. 826, 706 v. 4. 6. 1957. — 175. SCHUSTER, K. und H. STARITZ, Brauwissenschaft **9**, 182 (1956). — 176. HOGGAN, J., Food Manuf. **35**, 102 (1960). — 177. SPARROW, D. H. B., Int. Pat. 605, 158, Food Techn. Australia **17**, 642 (1965). — 178. PRITZKER, J. und R. JUNGKUNZ, Mitt. G. d. Ch. Fachgr. Lbm. u. gerichtl. Ch. **14**, 112 (1960). — 179. DIEMAIR, W. und H. BAUER, ZUL **124**, 109 (1964). — 180. NIEGISCHE, W. D. and W. H. STAHL, Food Res. **21**, 657 (1956). — 181. HÄFFNER, H. und H. PAWLETTA, Dtsch. Lbm. Rdsch. **52**, 245 (1956). — 182. HÄFFNER, H., Mitt. G. d. Ch. Fachgr. Lbm. u. gerichtl. Ch. **10**, 106 (1956). — 183. LINDEMANN, E., Stärke **6**, 274 (1954). — 184. SSUTULOW, A. U., T. U. MASLENNIKOWA und D. T. SSOLOWJEW, Stärke **15**, 368 (1963). — 185. DOSTAL, L., Stärke **5**, 116 (1953). — 186. LINDEMANN, E., Stärke **7**, 86 (1955). — 187. Anonym, Stärke **17**, 298 (1965). — 188. ULMANN, M., Stärke **3**, 889 (1951). — 189. RADLEY, J. A., Food Manuf. **27**, 20 (1952). — 190. WEGNER, H., Stärke **6**, 5 (1954). — 191. WEGNER, H. und A. OSTHEGE, Stärke **6**, 44 (1954). — 192. SCALLAN, B. L., Stärke **15**, 4 (1963). — 193. CLENDENNING, K. A., D. E. WRIGHT, und A. L. SHEWFELT, Stärke **1**, 79 (1949). — 194. HAUPT, H., Stärke **1**, 114 (1949). — 195. Ref. üb. Forsch.-Ergeb. Indien, Food Manuf. **29**, 233 (1954). — 196. DIEMAIR, W., BfLL Heft **46**. — 197. MOLLENHAUER, H. P., Food Manuf. **31**, 46 (1956). — 198. NEUMARK, H. und J. ASPRIDIS, Empire

- J. exp. Agric. **29**, 49 (1961). — 199. DUFOUR, L., R. P. NIEDERMEIER, C. E. ZEHNER, and J. W. CROWLEY, J. Dairy Sci. **37**, 52 (1954). — 200. KNOTT, C. B., Food Sci. Abstr. **24**, 280 (1952), aus: J. Anim. Sci. **9**, 540 (1950). — 201. COWAN, R. L., J. W. BRATZLER, and R. W. SWIFT, Food Sci. Abstr. **25**, 323 (1953), aus: Science **116**, 154 (1952). — 202. SKAGGS, S. R. and C. B. KNOTT, Food Sci. Abstr. **25**, 720 (1953), aus: J. Dairy Sci. **35**, 329 (1952). — 203. COWAN, R. L., J. W. BRATZLER, E. KECK Jr. u. a., Food Sci. Abstr. **29**, 481 (1957), aus: J. Anim. Sci. **15**, 1188 (1956). — 204. STALLCUP, O. T., Arkans. agric. Exp. Sta. Bull. 557 (1955). — 205. MCKINNEY, L. L. and W. F. SOLLARS, Food Sci. Abstr. **23**, 274 (1951), aus: Industr. Engn. Chem. **41**, 1058 (1949). — 206. O'DELL, B. L., M. D. BOSTON u. a., Food Sci. Abstr. **25**, 328 (1953), aus: Poultry Sci. **31**, 559 (1952). — 207. Norweg. Pat. 103,911 v. 4. 5. 1964. Takeda Chem. Ind. Japan. — 208. PRITZKER, J., Mitt. Lbm. Untersuchg. Bern **35**, 226 (1944). — 209. VON FELLENBERG, Th., Mitt. Lbm. Untersuchg. Bern **41**, 385 (1950). — 210. Bundesverb. Obst- u. Gem. Verwertg., Dtsch. Lbm. Rdsch. **58**, 373 (1962). — 211. REBELEIN, H., Mitt. G. d. Ch. Fachgr. Lbm. u. gerichtl. Ch. **18**, 17 (1964). — 212. Res. Stat. Long Ashton 1953, Food Manuf. **29**, 395 (1954). — 213. LABBÉ, M., Bull. Acad. Med. **115**, 737 (1936). — 214. LÜTHI, H., Adv. Food Res. **IX**, 221 (1959). — 215. VAS, K. and M. INGRAM, Food Manuf. **24**, 414 (1949). — 216. v. SCHELHORN, M., Ind. Obst- u. Gem. Verwertg. **35**, 181 (1950). — 217. VAS, K. und J. FARKAS, ZUL **118**, 98 (1962). — 218. RENTSCHLER, H., Mitt. Lbm. Untersuchg. Bern **42**, 251 (1951). — 219. HOPE, G. W., Food Techn. **19**, 155 (1965). — 220. KOCH, J., Ind. Obst- u. Gem. Verwertg. **35**, 367 (1950). — 221. KOCH, J., Ind. Obst- u. Gem. Verwertg. **35**, 160 (1950). — 222. RENTSCHLER, H., H. TANNER und R. SCHÄPPI, Schweiz. Z. Obst- & Weinbau **62**, 467 (1953). — 223. LÜTHI, H. und W. TOBLER, Schweiz. Z. Obst- u. Weinbau **58**, 379, 401 (1949). — 224. KONLECHNER, H. und H. HAUSHOFER, Mitt. Wein- & Obstbau, Wien 8 A, 181 (1958). — 225. GACHOT, H., Food Manuf. **24**, 163 (1949). — 226. FLANZY, M. P. P. et P. L. M. ANDRÉ, Narbonne, Aude/Fr. DP 1 143 384 v. 14. 8. 1963. — 227. FEIGENBAUM, J. und S. IRAELASHVILI, Nature **159**, 32 (1947). — 228. INGRAM, M., Food Manuf. **24**, 77, 121 (1949). — 229. Inform. B. **7**, 353, Food Manuf. **30**, 131 (1955). — 230. BENDER, A. E., J. Sci. Food & Agric. **9**, 754 (1958). — 231. MANNHEIM, H. C., A. J. NELSON, and M. P. STEINBERG, Food Techn. **11**, 421 (1957). — 232. INGRAM, M., Food Res. **14**, 54 (1949). — 233. STADTMAN, E. R., Adv. Food Res. I, 360 (1948). — 234. PRUTHI, J. S. and G. LAL, Food Sci. Abstr. **25**, 198 (1953), aus: J. Sci. Industr. Res. India **10** B, 36 (1951). — 235. JAIN, N. L., D. P. DAS, and G. LAL, Food Sci. Abstr. **28**, 73 (1956), aus: Indian Food Packer **7**, 13 [10] (1953). — 236. HOTTENROTH, B., Ind. Obst- u. Gem. Verwertg. **40**, 244 (1955). — 237. HEINTZ, K., Dtsch. Lbm. Rdsch. **58**, 224 (1962). — 238. HEINTZ, K., Dtsch. Lbm. Rdsch. **56**, 194 (1960). — 239. DICKINSON, D. and C. L. HINTON, Ref: Food Sci. Abstr. **28**, 414 (1956). — 240. MEHLITZ, A., Ind. Obst- u. Gem. Verwertg. **34**, 176 (1949). — 241. MEHLITZ, A., Ind. Obst- u. Gem. Verwertg. **35**, 162 (1950). — 242. THOMPSON, H. H., S. R. CECIL, and J. G. WOODROOF, Food Ind. **18**, 73 (1946). — 243. TALBURTT, F. W. and M. J. POWERS, U.S. Pat. 2,752,253 v. 26. 6. 1956. Ind. Obst- u. Gem. Verwertg. **42**, 320 (1957). — 244. BRAUNSDORF, K., Nahrung **3**, 520 (1959). — 245. JOSLYN, M. A. and J. D. PONTING, Adv. Food Res. III, 31 (1951). — 246. BEDROSIAN, K., Food Technol. **13**, 722 (1959). — 247. REDDI, R. R., W. B. ESSELEN Jr., and C. R. FELLERS, Food Technol. **4**, 63 (1950). — 248. GLABLE, E. F., U.S. Pat. 2,678,277 (1954), Engelhard & Co., Karlsruhe DRP 654.728 (1935). — 249. GUADAGNI, D. G., Food Techn. **3**, 404 (1949). — 250. CALDWELL, J. S., C. W. CULPEPPER, and K. D. DEMARE, J. Agric. & Food Chem. **3**, 513 (1955). — 251. KNIGHT, K. G. and P. C. PAUL, Food Ind. **21**, 63 [12] (1949). — 252. MANGAN, J. L., Food Sci. Abstr. **22**, 321 (1950), aus: New Zealand, J. Sci. Techn. A **30**, 88 (1948). — 253. ATKINSON, F. E. and C. C. STRACHAN, Food Sci. Abstr. **24**, 262 (1952). — 254. ROCKWELL, W. C., E. LOWE, G. S. SMITH, and M. J. POWERS, Food Technol. **8**, 500 (1954). — 255. LAZAR, M. E., E. O. CHAPIN, and G. S. SMITH, Food Technol. **15**, 32 (1961). — 256. CRUESS, W. V., Food Manuf. **27**, 239 (1952). — 257. WEISS, H., Ernährungswissenschaft **8**, 216 (1961). — 258. BEAN, R. S., TH. H. SCHULTZ, and N. J. DOWNES, Food Techn. **11**, 430 (1957). — 259. HARPER, J. C. and A. L. TAPPET, Adv. Food Res. **VII**, 171 (1957). — 260. JOICE, A. E., Food Manuf. **31**, 66

- (1956). — 261. SKEPPER, A. H. and J. R. DAVISON, Food Sci Abstr. **24**, 456 (1952), aus: Agric. Gaz. N. S. W. **62**, 125, 196 (1951). — 262. COHIC JR., R. F., Food Packer **32**, 26 [8] (1951). — 263. McBEAN, D. McG., I. J. PITTS, und A. A. JOHNSON, Food Techn. **19**, 1447 (1965). — 264. NICHOLS, P. F., E. M. MĚRAK, and R. BETHEL, Food Res. **4**, 67 (1939). — 265. MĚRAK, E. M. and H. Y. PHAFF, Food Techn. **1**, 153 (1947). — 266. POWERS, M. J., D. H. TAYLOR u. a., Food Techn. **10**, 489 (1956). — 267. Anonym, Ernährungswirtschaft **7**, 382 (1960), aus: Gordian **60**, 20 [1429] (1960). — 268. MONCRIEFF, R. W., Food Manuf. **24**, 543 (1949). — 269. RENTSCHLER, H., Mitt. Lbm. Unters. Bern, **42**, 275 (1951). — 270. STRASHUN, S. J. and W. F. TALBURST, Food Techn. **8**, 40 (1954). — 271. MYLNE, A. M. and V. S. SEAMANS, Food Techn. **8**, 45 (1954). — 272. NOTTER, G. K., D. H. TAYLOR, and N. J. DOWNES, Food Techn. **13**, 113 (1959). — 273. RICKERT, E. and F. SCHWEIGERT, Food Ind. S. Afr. **16**, 43 (1963). — 274. Anonym. Dep. Agric. Kemja, Food Manuf. **29**, 399 (1954). — 275. CROWTHER, P. C., E. G. H. SMITH u. a., Food Sci. Abstr. **29**, 159 (1957), aus: Colon. Plant. Anim. Prod. **4**, 69 (1954). — 276. DUPAIGNE, P., Fruits **12**, 317 (1957). — 277. DAS, D. P., N. L. JAIN u. a., Food Sci. Abstr. **28**, 297 (1956). — 278. BHATIA, B. S., H. D. AMIN, and G. LAL, Food Sci. Mysore **11**, 63 (1962). — 279. COUSSIN, B. R. and A. LUDIN, Food Manuf. **38**, 376 (1963). — 280. ZWEEDDE, A. K., Food Sci. Abstr. **27**, 669 (1955), aus: Conserva **3**, 18 (1954). — 281. LATEGAN, P. M. and O. J. OLIVER, Food Ind. S. Afr. **8**, 20 [11] (1956). — 282. Wallace & Tiernan Prod. Inc. Pat. 2.592.563 (1952), Food Techn. **6**, 37 [Abstr.] (1952). — 283. DEWEY, D. H., Amer. Soc. hort. Sci. 52nd Annu. Meetg. East Lansing Sept. 1955. — 284. DEWEY, D. H., Food Sci. Abstr. **25**, 690 (1953), aus Ice & Refrig. **123**, 19 [3] (1952). — 285. VAS, K., Food Sci. Abstr. **24**, 262 (1952), aus: J. Hung. Chem. Soc. **5**, 280 (1949). — 286. BOLIN, H. R., F. S. NURY, and F. BLOCH, Food Techn. **18**, 1975 (1964). — 287. PRYOR, D. E., Food Techn. **4**, 57 (1950). — 288. REYNEKE, J. and J. E. H. PIAGET, Food Sci. Abstr. **25**, 568 (1953), aus: Farming S. Afr. **27**, 477 (1952). — 289. HALL, E. G., Food Sci. Abstr. **28**, 414 (1956), aus: Food Pres. Quart., Australia **15**, 42 (1955). — 290. UOTA, M., Proc. Amer. Soc. hort. Sci. **69**, 260 (1957). — 291. BOVAY, E., Food Sci. Abstr. **21**, 308 (1949), aus: Rev. romande Agric., Vitric. Arboric. **3**, 51 (1947). — 292. NELSON, K. E. and P. E. TOMLINSON, Proc. Amer. Soc. hort. Sci. **71**, 190 (1958). — 293. APP, J., G. J. LORANT u. a., Food Sci. Abstr. **25**, 304 (1953), aus: Ice & Refrig. **120**, 43 [5] (1951). — 294. MALAN, H., Food Sci. Abstr. **26**, 561 (1954), aus: Farming S. Afr. **29**, 157 (1954). — 295. FENTON, F., E. GLEIM u. a., Food Res. **11**, 475 (1946). — 296. GOODING, E. G. B., Food Manuf. **30**, 311 (1955). — 297. BURR, H. K. and V. G. SILVEIRA, Food Techn. **8**, 452 (1954). — 298. West Can. Packer **41**, 27 (1949). — 299. GOODING, E. G. B., Food Manuf. **30**, 447 (1955). — 300. HENDEL, C. E., R. R. LEGAULT u. a., Food Techn. **7**, 160 (1953). — 301. LITWILLER, E. M. and L. A. PETTIT, Food Techn. **11**, 229 (1957). — 302. NELSON, A. J., M. P. STEINBERG u. a., Food Techn. **10**, 91 (1956). — 303. CULPEPPER, C. W., J. S. CALDWELL u. a., Food Sci. Abstr. **21**, 239 (1949), aus: Fruit Prod. J. **28**, 45, 77 (1948). — 304. WONG, F. F. and G. S. BOHART, Food Techn. **11**, 293 (1957). — 305. AMAND, J. C., Food Sci. Abstr. **26**, 291 (1954), aus: Indian Food Packer **7**, 17 [4] (1953). — 306. BURROUGHS, L. F., Annu. Rep. agric. hort. Res. Sta. Long Ashton 1958 S. 164 (1959). — 307. POLLARD, A., Int. Fed. Fruit Juice Producers Proc. sci. techn. Comm. III. Wageningen (Holland) 1961. — 308. ATKINSON, F. E., J. F. BOWEN u. a., Food Techn. **13**, 673 (1959). — 309. MARSHALL, C. R., J. Sci. Food & Agric. **3**, 91 (1952). — 310. BURROUGHS, L. F., F. W. BEECH u. a., Ann Rep. agric. hort. Res. Sta. Long Ashton 1955, S. 169. — 311. MARTINEZ, D. V., J. M. COFTÉS u. a., Rev. Cienc. apl. **12**, 299 (1958). — 312. KOCH, J., Ind. Obst- u. Gem. Verwertung **39**, 330 (1954). — 313. CRUESS, W. V., Food Sci. Abstr. **24**, 71 (1952). — 314. PENMAN, F. and F. S. OLDHAM, Food Manuf. **29**, 309 (1954). — 315. NURY, F. S. and J. E. BREKKE, J. Food Sci. **28**, 95 (1963). — 316. GöPFERT, W., Mitt. G. d. Ch. Fachgr. Lbm. u. gerichtl. Ch. **11**, 156 (1957). — 317. BAKER, G. L., Adv. Food Res. **1**, 401 (1948). — 318. v. LILIENSKIOLD, M. und D. BECKER, Zucker **8**, 411 (1955). — 319. VERHAERT, L., (Diss.) Ernährungswirtsch. **2**, 293 (1955).

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Chem. G. A. HEYDENREICH,
Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, 75 Karlsruhe

